

TESIS

**PENGARUH VARIASI PERLAKUAN PANAS 750 °C
TERHADAP LAJU KOROSI AIR LAUT PADA ASTM A36**



**RANDI GAGA PISASEFSIO PRATAMA
NIM. 03032622125009**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

TESIS

**PENGARUH VARIASI PERLAKUAN PANAS 750 °C
TERHADAP LAJU KOROSI AIR LAUT PADA ASTM A36**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik**



**RANDI GAGA PISASEFSIO PRATAMA
NIM. 03032622125009**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI PERLAKUAN PANAS 750 °C
TERHADAP LAJU KOROSI AIR LAUT PADA ASTM A36
TESIS**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Mendapatkan Gelar Magister Teknik Mesin
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :
RANDI GAGA PISASEFSIO PRATAMA
NIM. 03032622125009

Palembang, Juli 2022

Menyetujui,
Pembimbing



Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T
NIP. 196307191990032001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Prof. Dr.Eng Ir. H. Joni Arliansyah, M.T
NIP. 19670615995121002

Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 19712251997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Proposal dengan judul “**PENGARUH VARIASI PERLAKUAN PANAS 750 °C TERHADAP LAJU KOROSI AIR LAUT PADA ASTM A36**” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 02 Juli 2022 dan dinyatakan sah.

Palembang, 02 Juli 2022

Pembimbing:

Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T
NIP. 196307191990032001



(.....)

Tim Penguji :

1. Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 19712251997021001



(.....)

2. Agung Mataram, S.T.,M.T.,Ph.D.
NIP. 197901052003121002



(.....)

3. Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D
NIP. 196409111999031002



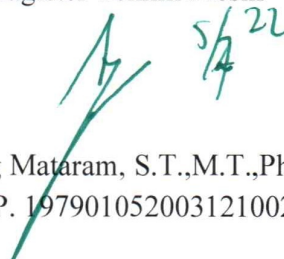
(.....)

4. Dr. Ir. Darmawi Bayin, M.T., M.T.
NIP. 195806151987031002



(.....)

Ketua Program Studi
Magister Teknik Mesin



5/4/22

Agung Mataram, S.T.,M.T.,Ph.D.
NIP. 197901052003121002

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

**NAMA : RANDI GAGA PISASEFSIO PRATAMA
NIM : 03032622125009
JURUSAN : TEKNIK MESIN
BIDANG STUDI : MATERIAL DAN MANUFAKTUR
JUDUL : PENGARUH VARIASI PERLAKUAN
PANAS 750 °C TERHADAP LAJU
KOROSI AIR LAUT PADA ASTM A36
DIBUAT TANGGAL : 10 JANUARI 2022
SELESAI TANGGAL : 02 JULI 2022**

Menyetujui,
Pembimbing



Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T
NIP. 196307191990032001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 19712251997021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Randi Gaga Pisasefsio Pratama
NIM : 03032622125009
Judul : PENGARUH VARIASI PERLAKUAN PANAS 750 °C
TERHADAP LAJU KOROSI AIR LAUT PADA ASTM
A36

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 02 Juli 2022



Randi Gaga Pisasefsio Pratama
NIM. 03032622125009

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Randi Gaga Pisasefsio Pratama
NIM : 03032622125009
Judul : PENGARUH VARIASI PERLAKUAN PANAS 750 °C
TERHADAP LAJU KOROSI AIR LAUT PADA ASTM
A36

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi Pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 02 Juli 2022



Randi Gaga Pisasefsio Pratama

NIM. 03032622125009

RINGKASAN

PENGARUH VARIASI PERLAKUAN PANAS 750 °C TERHADAP LAJU KOROSI AIR LAUT PADA ASTM A36

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 02 Juli 2022

Randi Gaga Pisasefsio Pratama; Dibimbing oleh Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT VARIATIONS 750 °C ON SEAWATER CORROSION BEHAVIOUR OF ASTM A36

Xxii + 45 halaman, 9 tabel, 34 Gambar, VII Lampiran

RINGKASAN

Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau dengan 62 % dari luas wilayah keseluruhan merupakan lautan dan perairan. Dalam penggunaannya, komponen-komponen konstruksi yang terendam tersebut sangat mungkin untuk mengalami kegagalan akibat korosi, dimana air laut merupakan lingkungan korosif yang mampu mempengaruhi performa dari infrastruktur sehingga menimbulkan kerugian yang cukup besar. Beberapa penelitian menyimpulkan bahwa perlakuan panas yang diterapkan pada baja akan mempengaruhi laju korosi dimana apabila proses perlakuan panas dilakukan secara benar maka dapat meningkatkan sifat ketahanan korosi pada material. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi perlakuan panas 750 °C dengan waktu penahanan 120 menit terhadap laju korosi air laut ASTM A36. metode penelitian yang dilakukan berupa pengujian eksperimental menggunakan Pengujian kekerasan, analisa laju korosi, pengamatan struktur mikro, pengamatan *scanning electron microscope*, dan pengamatan XRD. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, perlakuan panas 750 °C meningkatkan keuletan sekaligus berpengaruh terhadap penurunan laju korosi pada ASTM A36. Korosi yang terjadi adalah korosi seragam sedangkan pada spesimen dengan perlakuan panas terjadi juga korosi batas butir yang disebabkan adanya proses presipitasi elemen di daerah batas butir dan juga dapat terjadi karena adanya pengotor pada permukaan spesimen akibat adanya proses pemanasan. Berdasarkan hasil analisis penelitian yang dilakukan, Proses perlakuan panas sangat berpengaruh dalam mencegah laju korosi pada ASTM A36.

Kata Kunci: ASTM A36, Perlakuan Panas 750 °C, Laju Korosi, Kekerasan, Struktur Mikro

SUMMARY

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT VARIATIONS 750 °C ON SEAWATER CORROSION BEHAVIOUR OF ASTM A36

Scientific Paper in the form of Thesis, July 2, 2022

Randi Gaga Pisasefsio Pratama; Supervised by oleh Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T
PENGARUH VARIASI PERLAKUAN PANAS 750 °C TERHADAP LAJU KOROSI
AIR LAUT PADA ASTM A36

Xxii + 45 Pages, 9 Table, 33 Picture, VII Attachment

SUMMARY

Indonesia is an archipelago country which has more than 17,000 islands with 62% oceans and waters of total areas. The submerged construction components are very likely to fail due to corrosion, where the seawater environment can affect the performance of the infrastructure causing considerable losses. Several studies have concluded that heat treatment applied to carbon steel will affect the corrosion rate, if the heat treatment process is carried out correctly it can increase the corrosion resistance of the material. This study was conducted to determine the effect of variations in heat treatment at 750 C with a holding time of 120 minutes on the corrosion rate of ASTM A36 seawater. The research method was carried out in the form of experimental tested by using hardness test, corrosion rate analysis, microstructure observations, scanning electron microscope observations, and XRD observations. Based on the results of the tests, heat treatment at 750 C increases the ductility and also reduces the corrosion rate in ASTM A36. Corrosion that occurs is uniform corrosion, while intergranular corrosion is also found in specimens with variation of heat treatment due to the precipitation process of elements in the grain boundary area and due to impurities on the surface of the specimen due to the heating process. Based on the results of the research analysis conducted, the heat treatment process is very influential in preventing the corrosion rate in ASTM A36.

Keywords: ASTM A36, Heat treatment 750 °C, Corrosion rate, Hardness, Microstructure

KATA PENGANTAR

Pertama, penulis mengucapkan syukur dan berterimakasih kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan segala rahmat, karunia, dan anugerah-Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan tesis ini, adapun pihak tersebut:

1. Keluarga Penulis, kedua Orangtua dan adik-adik yang selalu memberikan dukungan moral dan materi serta doanya yang tulus membimbing, mengarahkan, mendidik, dan memotivasi penulis dari awal hingga selesainya tesis ini.
2. Istri dan anak-anak yang selalu menemani, mendukung, memberikan inspirasi dalam proses pembuatan tesis ini.
3. Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T selaku Dosen Pembimbing yang dengan ikhlas dan tulus telah membimbing, mengarahkan, mendidik, memotivasi serta banyak memberikan sarana kepada penulis dari awal hingga selesainya tesis ini.
4. Agung Mataram, S.T.,M.T.,Ph.D selaku Ketua Prodi Magister S2 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang dengan ikhlas dan tulus telah membimbing, mengarahkan, mendidik, memotivasi serta banyak memberikan sarana kepada penulis dari awal hingga selesainya tesis ini.
5. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D dan Bapak Amir Arifin, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya yang memberikan bimbingan serta arahan dalam ruang lingkup Jurusan Teknik Mesin
6. Pak Agung Kristian selaku Staf Administrasi Prodi S2 Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.
7. Atasan dan rekan kerja di Pelaksana Pengadaan PT PLN (Persero) Unit Induk Pembangkitan Sumatera Bagian Selatan.

8. Rekan-rekan Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Sriwijaya rekan sesama peneliti yang telah membantu saya dalam menjalankan penelitian, membuat Tesis, hingga kebersamai saya di berbagai kondisi suka dan duka.

Dalam penulisan tesis ini, penulis sadar masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran serta masukan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk membantu dalam perbaikan. Penulis juga mengharapkan tesis dengan judul “Pengaruh Variasi Perlakuan Panas 750 ° Terhadap Laju Korosi Air Laut Pada ASTM A36” dapat memberikan manfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di negara Indonesia serta menjadi referensi bagi yang akan mengkaji dimasa yang akan datang.

Wassalamualaikum Warahmautlillah Wabarakatuh

Palembang, Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	vi
RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR ISTILAH	xvii
DAFTAR LAMBANG	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi literatur	5
2.2 Korosi pada Lingkungan Laut	6
2.2.1 Kelarutan Oksigen	7
2.2.2 Temperatur	8
2.2.3 Derajat Keasaman (pH)	9
2.2.4 Salinitas	9
2.2.5 Tekanan	9

2.2.6	Mikroorganisme dan Biota Laut	10
2.3	Mekanisme Korosi Air Laut	10
2.4	Material ASTM A36	11
2.5	Perlakuan Panas ASTM A36	12
2.6	Diagram TTT dan CCT	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Diagram Alir Penelitian	19
3.2	Persiapan Penelitian	19
3.2.1	Media Korosif	20
3.2.2	Proses Perlakuan Panas	21
3.2.3	Proses Pengkorosian Sampel dengan Metode <i>Total Immersion</i>	22
3.3	Proses Pengujian	22
3.3.1	Analisa Laju Korosi	22
3.3.2	Pengujian Kekerasan	23
3.3.3	Pengamatan Struktur Mikro	24
3.3.4	Pengamatan XRD	25
3.3.5	Pengamatan <i>Scanning Electron Microscope</i>	26
3.4	Analisa Pengolahan Data	26
3.5	Rencana Jadwal Penelitian	27
3.6	Hasil yang diharapkan	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Analisa Komposisi Kimia	29
4.2	Analisa Nilai Kekerasan ASTM A36	30
4.3	Analisa Laju Korosi	32
4.4	Pengamatan Struktur Mikro	36
4.4.1	Pengamatan <i>Optical Microscope</i>	36
4.4.2	Pengamatan <i>Optical Microscope</i> setelah Proses Pengkorosian	37
4.5	Pengamatan <i>Scanning Electron Microscope</i>	43
4.6	Pengamatan XRD	45
BAB 5 KESIMPULAN		47

5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48
DAFTAR RUJUKAN	xix
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

		Halaman	
Gambar	2.1	<i>State of the Art</i> penelitian (SOTA)	6
Gambar	2.2	Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap laju korosi besi dalam suhu kamar	7
Gambar	2.3	Hubungan antara suhu dan kedalaman air laut	8
Gambar	2.4	Diagram fasa keseimbangan Fe-Fe ₃ C	13
Gambar	2.5	Struktur mikro ASTM A36 pada temperature ruang	15
Gambar	2.6	Struktur mikro ASTM A36 setelah proses perlakuan panas 900 °C dengan pendinginan udara	15
Gambar	2.7	Struktur mikro ASTM A36 setelah proses perlakuan panas 900 °C dengan pendinginan air	15
Gambar	2.8	Hubungan antara diagram CCT dan TTT	17
Gambar	3.1	Diagram Alir Penelitian	19
Gambar	3.2	Titik lokasi pengambilan air laut (-2.083966, 105.133907)	20
Gambar	3.3	(a) Sampel pengujian dan (b) proses pengkorosian	23
Gambar	3.4	Alat uji kekerasan Brinell	24
Gambar	3.5	<i>Optical Microscope</i>	24
Gambar	3.6	Perangkat alat uji <i>x-ray diffraction</i>	25
Gambar	3.7	<i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	26
Gambar	4.1	Perbandingan nilai kekerasan ASTM A36	31
Gambar	4.2	Perbandingan laju korosi ASTM A36	35
Gambar	4.3	ASTM A36 non etsa	36
Gambar	4.4	ASTM A36 sebelum pengkorosian	36
Gambar	4.5	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>as receive</i> dengan waktu perendaman 48 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	37
Gambar	4.6	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>as receive</i> dengan waktu perendaman 96 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	37

Gambar 4.7	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>as receive</i> dengan waktu perendaman 144 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	38
Gambar 4.8	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>annealing</i> dengan waktu perendaman 48 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	38
Gambar 4.9	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>annealing</i> dengan waktu perendaman 96 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	39
Gambar 4.10	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>annealing</i> dengan waktu perendaman 144 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	39
Gambar 4.11	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>normalizing</i> dengan waktu perendaman 48 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	40
Gambar 4.12	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>normalizing</i> dengan waktu perendaman 96 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	40
Gambar 4.13	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>normalizing</i> dengan waktu perendaman 144 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	41
Gambar 4.14	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>quenching</i> dengan waktu perendaman 48 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	41
Gambar 4.15	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>quenching</i> dengan waktu perendaman 96 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	42
Gambar 4.16	Pengamatan struktur mikro ASTM A36 <i>quenching</i> dengan waktu perendaman 144 jam pembesaran (a) 450x dan (b) 3000x	42
Gambar 4.17	Pengamatan korosi ASTM A36 menggunakan <i>scanning electron microscope</i> (a) <i>As receive</i> 144 Jam (b) <i>Annealing</i> 144 jam (c) <i>normalizing</i> 44 jam (d) <i>Quenching</i> 144 jam	44
Gambar 4.18	Grafik hasil pengujian XRD	45
Gambar 4.19	Analisa fasa pada pengujian XRD ASTM A36 (a) sebelum dikorosikan (b) setelah proses pengkorosian	46

DAFTAR TABEL

		Halaman	
Tabel	2.1	Syarat komposisi kimia ASTM A36 berdasarkan Standard Specification for Carbon Structural Steel	11
Tabel	2.2	Syarat nilai kekuatan tarik ASTM A36 berdasarkan Standar Specification for Carbon Structural Steel	12
Tabel	3.1	Rencana jadwal penelitian	27
Tabel	4.1	Hasil uji komposisi kimia baja	29
Tabel	4.2	Hasil uji komposisi kimia air laut	29
Tabel	4.3	Nilai kekerasan ASTM A36	30
Tabel	4.4	Perbandingan berat awal dan akhir	32
Tabel	4.5	Perbandingan ketebalan awal dan akhir	33
Tabel	4.6	Hasil uji laju korosi (mpy)	34

DAFTAR ISTILAH

Istilah	Penjelasan
<i>annealing</i>	Proses perlakuan panas dengan pendinginan didalam tungku
<i>normalizing</i>	Proses perlakuan panas dengan pendinginan di udara normal (diluar tungku)
<i>Quenching</i>	Proses perlakuan panas dengan pendinginan cepat kedalam media pendingin (air)
<i>As receive</i>	Spesimen tanpa perlakuan
<i>Total Immersion</i>	Metode pengkorosian dengan cara pencelupan seluruh bagian spesimen kedalam media korosif
<i>XRD</i>	X-Ray Diffraction
<i>SEM</i>	Scanning Optical Microscope
<i>OM</i>	Optical Microscope
<i>Biofilm</i>	sel mikroorganisme, khususnya bakteri, yang melekat di suatu permukaan biologis ataupun benda mati
Aqueous Corrosion	Reaksi elektrokimia material dengan lingkungan basah
<i>mild steel</i>	Baja karbon atau plain steel
<i>intercritical temperature</i>	Temperature pemanasan antara A1 dan A3
<i>Ferrite</i>	α -ferrit atau besi alfa
<i>Pearlite</i>	struktur dua fase, Ferrite - cementite
<i>Uniform Corrosion</i>	Korosi seragam
<i>Intercritical Corrosion</i>	Korosi Batas Butir
<i>Dual-phase</i>	Fasa ganda (ferit – martensit)

DAFTAR LAMBANG

Lambang	Nama	Satuan
K	Konstanta	
ΔW	Reduksi berat spesimen	(gram)
A	Luas permukaan yang terkorosi	(cm ²)
T	Lama waktu perendaman spesimen	(jam)
D	Berat jenis material	(gram/cm ³)
σ	Tegangan	(MPa)
F	Pembebanan	(kgf)
D	Diameter Indentor	(mm)
d	Diameter injakan	(mm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau dengan 62 % dari luas wilayah keseluruhan merupakan lautan dan perairan. Eksplorasi sumber kekayaan laut Indonesia dilakukan secara besar-besaran mengakibatkan perlunya penggunaan anjungan lepas pantai (*offshore platform*). Selain itu, transportasi laut juga memiliki peran yang sangat penting pada suatu negara Maritim. Dalam penggunaannya, komponen-komponen konstruksi yang terendam tersebut sangat mungkin untuk mengalami kegagalan akibat korosi, dimana air laut merupakan lingkungan korosif yang mampu mempengaruhi performa dari infrastruktur sehingga menimbulkan kerugian yang cukup besar. 10 % dari total produksi logam dunia diperkirakan rusak akibat korosi dengan nilai kerugian mencapai ratusan juta dolar per tahunnya (Fayomi et al., 2019a).

Material yang terdampak korosi akan mengalami penurunan pada sifat fisik dan mekanik yang mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas pada material tersebut. Hal tersebut diatas membuat dampak yang sangat besar pada dunia industri mengingat baja karbon merupakan paduan material yang paling banyak digunakan diberbagai bidang industri (Sulistyono et al., 2014).

Selain proses pelapisan, diharapkan ada metode lain yang dapat dilakukan untuk menekan terjadinya laju korosi pada baja karbon salah satunya dengan perlakuan panas. Penelitian (Prifiharni et al., 2016) menyimpulkan bahwa perlakuan panas dengan temperatur *austenisasi* yang diterapkan pada baja akan mempengaruhi laju korosi dimana apabila proses perlakuan panas dilakukan secara benar maka dapat meningkatkan sifat ketahanan korosi pada baja karbon. Akan tetapi, penelitian terhadap pengaruh perlakuan panas dengan temperatur *intercritical* yaitu temperatur antara garis A1 dan A3 pada diagram fasa Fe-Fe₃C belum banyak dilakukan. Sehingga dirasa perlu untuk mengangkat

topik penelitian dengan tema tersebut agar dapat disimpulkan pengaruh perlakuan panas dengan temperatur *intercritical* terhadap laju korosi ASTM A36 dan kaitannya dengan fenomena mikro struktur yang terjadi akibat proses perlakuan panas tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Material ASTM A36 merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam komponen konstruksi lepas pantai yang dimana mengakibatkan adanya kontak langsung dengan lingkungan air laut yang korosif (Baihaqi et al., 2019). Kegagalan akibat korosi perlu menjadi perhatian khusus mengingat lebih dari dua per tiga dari wilayah keseluruhan Nusantara merupakan lautan. Beberapa penelitian mengkonfirmasi adanya pengaruh dari perlakuan panas dalam laju korosi pada baja, namun penelitian terkait tentang pengaruh perlakuan panas terhadap laju korosi ASTM A36 pada lingkungan laut belum banyak dilakukan. Penelitian ini berfokus analisa korosi ASTM A36 yang mengalami perlakuan panas pada temperatur *intercritical* dengan variasi metode pendinginan dan juga dengan variasi waktu perendaman pada media korosif air laut.

1.3 Batasan Masalah

Fokus utama dan batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Material uji yang digunakan adalah ASTM A36 dengan media korosif air laut menggunakan air laut yang berasal dari daerah Muntok, Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

2. Proses perlakuan panas dilakukan dengan variasi metode pendinginan yaitu *annealing* , *quenching* dan *normalizing* dengan temperatur 750 °C dan waktu penahanan selama 120 menit.
3. Analisa korosi dilakukan dengan metode *total immersion* kedalam air laut dengan perbedaan lama waktu perendaman yaitu 48 jam , 96 jam dan 144 jam. Mengacu kepada standard ASTM G31-72 "*Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*".
4. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisis laju korosi, uji keras, *optical microscope*, SEM dan XRD.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh perlakuan panas terhadap laju korosi air laut pada ASTM A36, serta memperoleh nilai perbandingan ketahanan korosi dengan metode *total immersion* dan variasi metode pendinginan yang berbeda berdasarkan pengamatan struktur mikro, pengujian kekerasan, analisa senyawa kimia dan sifat fisik.

1.5 Manfaat Penelitian

Perlakuan panas yang benar pada ASTM A36 diharapkan dapat menjadi solusi dalam permasalahan penanggulangan korosi di lingkungan laut. Sehingga dapat efektif dalam pengurangan biaya pemeliharaan ataupun penggantian komponen yang harus dipersiapkan oleh pengguna, dimana hal ini erat kaitannya dalam penghematan secara ekonomi dan waktu.

DAFTAR RUJUKAN

- Adesoji Adediran, A., Aribi, S., Olalekan Hakeem Amuda, M., 2015. Mechanical properties of dual phase steel quenched in bitumen medium. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies* (26): 1–16.
- Adham Adnan, M., 2015. Influence of Heat Treatment Process on Carbon Steel Pipe Corrosion in The Presence of Carbon Dioxide, CO₂ and Acetic Acid, HAc. Universiti Teknologi Petronas.
- Adham Adnan, M., Kee, K.E., Raja, P.B., Ismail, M.C., Kakooei, S., 2018. Influence of Heat Treatment on the Corrosion of Carbon Steel in Environment Containing Carbon Dioxide and Acetic Acid, in: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/370/1/012039>
- Ahmad, N., Abdullah, B., Mohd Najib, A.R., Alias, S.K., Sulaiman, S.A., Wong, F.R., 2020. The effects of hydrostatic pressure on corrosion of coated stainless steel, in: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/834/1/012054>
- Alcántara, J., de la Fuente, D., Chico, B., Simancas, J., Díaz, I., Morcillo, M., 2017. Marine atmospheric corrosion of carbon steel: A review. *Materials*, 10. <https://doi.org/10.3390/ma10040406>
- Alemayehu, T., Birahane, M., 2014. Corrosion and its protection: A Review paper. *IJASR International Journal of Academic and Scientific Research*, 2 (4): 1–07.
- Alenezi, I., 2020. Effects of Heat Treatment on the Corrosion Behavior of ASTM A-36 Steel, *Technology & Applied Science Research*.
- Al-Quran, F.M.F., Ibrahim Al-Itawi, H., 2010. Effects of the Heat Treatment on Corrosion Resistance and Microhardness of Alloy Steel, *European Journal of Scientific Research*.
- Arifin, M.Z., Kustono, D., Widiyanti, W., 2020. Characteristics of ASTM A36 steel plate corrosion rate due to bending treatment with angle, corrosion media, and corrosion time variations. *Journal of Engineering and Applied Technology*, 1 (1): 21–29. <https://doi.org/10.21831/jeatech.v1i1.31478>
- ASM International, 2013 . ASM handbook 4A: Steel Heat treating Fundamental and Process Handbook.
- ASTM International, 2015. Standard Specification for Carbon Structural Steel. https://doi.org/10.1520/A0036_A0036M-14
- ASTM International, 2004. Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals. <https://doi.org/10.1520/G0031-72R04>
- Baihaqi, R.A., Pratikno, H., Hadiwidodo, S., 2019. Analisis sour corrosion pada baja ASTM A36 akibat pengaruh asam sulfat dengan variasi temperatur dan waktu perendaman di lingkungan laut. *Jurnal Teknik ITS*, 8 (2): G237–G242.
- Barrios, A.M., Burgos, L.M., Niebles-Nuñez, E.E., Espitia, L.A., Unfried-Silgado, J., 2021. Influence of immersion corrosion on mechanical properties of AISI 430/AISI 316L dissimilar welded joints. *International Journal of*

- Engineering, Transactions B: Applications*, 34 (5): 1352–1361.
<https://doi.org/10.5829/ije.2021.34.05b.31>
- Broomfield, J.P., n.d. Corrosion of Steel in Concrete (understanding, investigation and repair), 3rd ed. E & FN SPON, London and New York.
- Chen, D., Yen, M., Lin, P., Groff, S., Lampo, R., McInerney, M., Ryan, J., 2014. A corrosion sensor for monitoring the early-stage environmental corrosion of A36 carbon steel. *Materials*, 7 (8): 5746–5760.
<https://doi.org/10.3390/ma7085746>
- Cramer, S.D., Covino Jr., B.S., 2006. ASM Volume 13C - Corrosion: Environments and Industries, Corrosion: Environments and Industries.
- Eka Utami, N.P., Ellyanie, Nasution, J.D., 2019. The effect of Lead (Pb) Hot dipping on seawater corrosion rate in ASTM A36 Steel, in: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Institute of Physics Publishing.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/620/1/012108>
- Fayomi, O.S.I., Akande, I.G., Odigie, S., 2019a. Economic Impact of Corrosion in Oil Sectors and Prevention: An Overview. *Journal of Physics: Conference Series*, 1378 (2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/2/022037>
- Fayomi, O.S.I., Akande, I.G., Oluwole, O.O., Daramola, D., 2018. Effect of water-soluble chitosan on the electrochemical corrosion behaviour of mild steel. *Chemical Data Collections*, 17–18 321–326.
<https://doi.org/10.1016/j.cdc.2018.10.006>
- Fayomi, O.S.I., Joshua, T.O., Olatuja, F.H., Agboola, O., 2019b. Effect of annealing on the mechanical characteristics of steel welded joint, in: *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., pp. 1387–1394.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.008>
- Gaikwad, A., Khan, M.Z., Mohan, M., Singh, V.P., Zahid, M., Khan, R., Tiwari, K., 2014. Development Of Dual Phase Steel And Determination Of It's Mechanical Properties And Comparison With Low Carbon Steel, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*.
- Gismelseed, A., Elzain, M., Yousif, A., al Rawas, A., Al-Omari, I.A., Widatallah, H., Rais, A., 2004. Identification of corrosion products due to seawater and fresh water. *Hyperfine Interactions*, 156–157(1–4):487–492.
- Guma, T.N., Olayiwola, O., Garba, D.K., 2019. Effects of Some Heat Treatments on Corrosion of Low and Medium Carbon Steel in Acidic Chloride Medium. *World Scientific News International Scientific Journal*, 132 169–186.
- Heiser, J.H., Soo, P., Dyer, R.S., 1995. Corrosion of Barrier Materials in Seawater Environments. Long Island, New York.
- Hou, X., Gao, L., Cui, Z., Yin, J., 2018. Corrosion and Protection of Metal in the Seawater Desalination, in: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/108/2/022037>
- Ikpeseni, S.C., 2017. Effect of Intermediate Quenching and Tempering on the Mechanical Behaviour of Low Carbon Steel. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4 (8): 1–10.
<https://doi.org/10.22161/ijaers.4.8.1>
- Ismail, A., Adan, N.H., 2014. Open Access Effect of Oxygen Concentration on Corrosion Rate of Carbon Steel in Seawater American Journal of Engineering

- Research (AJER). *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 03 (01): 64–67.
- Jha, R., Ranjan, S., Kumar, R., Sharma, M., Scholar, R., 2017. Investigation of Heat Treatment on Mechanical Properties of Mild Steel, *An International Journal of Engineering Sciences*.
- Kumar Tanwer, A., 2014. Effect of Various Heat Treatment Processes on Mechanical Properties of Mild Steel and Stainless Steel. *American International Journal of Research in Science* 14–722.
- Li, Q., Guo, B., Sun, B., Wang, J., Liu, X., 2021. Investigation of Corrosion Behavior of X65 Steel in Simulated Deep-Sea Environment Using Electrochemical Techniques. *International Journal of Electrochemical Science*, 16 1–11. <https://doi.org/10.20964/2021.05.05>
- Maluckov, B., 2012. Corrosion of steels induced by microorganisms.
- MF, H., 2016. Analysis of Mechanical Behavior and Microstructural Characteristics Change of ASTM A-36 Steel Applying Various Heat Treatment. *Journal of Material Science & Engineering*, 05 (02). <https://doi.org/10.4172/2169-0022.1000227>
- Moura, V., Kina, A.Y., Tavares, S.S.M., Lima, L.D., Mainier, F.B., 2008. Influence of stabilization heat treatments on microstructure, hardness and intergranular corrosion resistance of the AISI 321 stainless steel, in: *Journal of Materials Science*. pp. 536–540. <https://doi.org/10.1007/s10853-007-1785-5>
- Paul, S., 2012. Modeling to Study the Effect of Environmental Parameters on Corrosion of Mild Steel in Seawater Using Neural Network. *ISRN Metallurgy*, 2012 1–6. <https://doi.org/10.5402/2012/487351>
- Popoola, L.T., Grema, A.S., Latinwo, G.K., Gutti, B., Balogun, A.S., 2013. Corrosion problems during oil and gas production and its mitigation. *International Journal of Industrial Chemistry*, 4 (1): 1–15. <https://doi.org/10.1186/2228-5547-4-35>
- Prifiharni, S., Anwar, Moch.S., Maburri, E., 2016. The Influence Of Heat Treatment On Microstructure And Corrosion Resistance Of 13cr-1mo Martensitic Stainless Steel. *Widyariset*, 2 (1): 9. <https://doi.org/10.14203/widyariset.2.1.2016.9-16>
- Rahbar, R.A., Zakeri, S.A.H., 2011. Mechanical properties and corrosion resistance of normal strength and high strength steels in chloride solution, in: *NACE - International Corrosion Conference Series*. <https://doi.org/10.3329/jname.v7i2.5309>
- Ravikiran, K., Rajasekhar, B., Lakshmi Bhavani, P., Pavithra, O., Devi, E.L.P., Rajaanamalai, A., Siva, T., 2014. Effect of heat treatment on mechanical properties and corrosion behaviour on ASTM A36 mild steel. *Journal of Corrosion Science and Engineering*, 17.
- Refait, P., Grolleau, A.-M., Jeannin, M., Rémazeilles, C., Sabot, R., 2020. Corrosion of Carbon Steel in Marine Environments: Role of the Corrosion Product Layer. *Corrosion and Materials Degradation*, 1 (1): 198–218. <https://doi.org/10.3390/cmd1010010>
- Royani, A., Prifiharni, S., Nuraini, L., Priyotomo, G., Sundjono, Purawardi, I., Gunawan, H., 2019. Corrosion of carbon steel after exposure in the river of Sukabumi, West Java, in: *IOP Conference Series: Materials Science and*

- Engineering. Institute of Physics Publishing.* <https://doi.org/10.1088/1757-899X/541/1/012031>
- Sajid, H.U., Kiran, R., 2018. Influence of stress concentration and cooling methods on post-fire mechanical behavior of ASTM A36 steels. *Construction and Building Materials*, 186, 920–945. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.006>
- Selly, R., Syahputra, R.A., Zubir, M., Simatupang, L., Ompusunggu, E., Aprilyani, J., Sitompul, N., 2020. Analysis of Corrosion Rate With Addition of Pumps in Commercial Steel in Sea Water Media.
- Sulistiyono, W., Bayuseno, A.P., Jurusan, M., Mesin, T., Teknik, F., Diponegoro, U., Jurusan, D., Mesin, T., Teknik, F., Diponegoro, U., 2014. ANALISIS KOROSI DAN EROSI DI DALAM PIPA PDAM SEMARANG. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 2 (4): 354.
- Sundjono, S., Priyotomo, G., Nuraini, L., Prifiharni, S., 2017. Corrosion behavior of mild steel in seawater from northern coast of java and southern coast of Bali, Indonesia. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 49 (6): 770–784. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2017.49.6.5>
- Usman, A.D., Victoria, A.F., Okoro, L.N., 2016. Weight Loss Corrosion Study of Some Metals in Acid Medium. *Journal Of Advances In Chemistry*, 11 (2): 3434–3440. <https://doi.org/10.24297/jac.v11i2.2211>
- Voort, G.F. vander, 1984. *Metallography: Principles and Practice*. ASM International.
- Wang, G., Wu, Q., Li, X.Z., Xu, J., Xu, Y., Shi, W.H., Wang, S.L., 2019. Microscopic analysis of steel corrosion products in seawater and sea-sand concrete. *Materials*, 12 (20). <https://doi.org/10.3390/ma12203330>